

WILKS-GANTCHEW MÓDSZER ALAPJÁN TÖRTÉNŐ SZÁMITÓGÉPES BESUGÁRZÁS-  
TERVEZÉS\*

Szerényi László, Treer Tivadar, Lehoczky András, Eller József, Pasek  
Béla, Asztalos Tibor

SZOTE Számítástechnikai Központ, SZOTE Radiológiai Klinika

A Szegedi Orvostudományi Egyetem /SZOTE/ Radiológiai Klinika Sugárterápiás Osztálya 1980 novemberében nyílt meg, ahol Picker-típusú kobalt-besugárzó készülékkel a daganatos betegeket két műszakban részesítik sugárkezelésben. Már 1979 végén nyilvánvaló volt, hogy heti 35-45 besugárzási terv elkészítésére lesz szükség. Ezzel szemben az Állami Számítógépes Szolgálat /ÁSzSz/ Honeywell-Bull gépén működő Van de Geijn besugárzástervező programtól - melyhez kihelyezett terminálon keresztül biztosított a hozzáférés - különböző okokból legfeljebb heti 20 besugárzási terv elkészítése kérhető. E tervek a sugárterápiás kezelések során hasznosnak bizonyultak, azonban az elmúlt években olyan numerikus jellemzők /integrál- és relativ integráldózisok, valamint effektív volumendózisok/ bevezetésére jelentkezett igény, melyek a besugárzási tervek terápiás minőségét az eddigieknél pontosabban írják le, s melyeket a Van de Geijn program nem számol.

A SZOTE Radiológiai Klinikának, mint Délmagyarországi Onkoradiológiai Decentrumnak a feladata a sugárterápiás beavatkozásokon kívül az idekapcsolódó regionális beteganyag interdiszciplináris koordinálása, valamint gondozás, betegkövetés, adatnyilvántartás és feldolgozás, mely feladatokat a Van de Geijn program nem lát el.

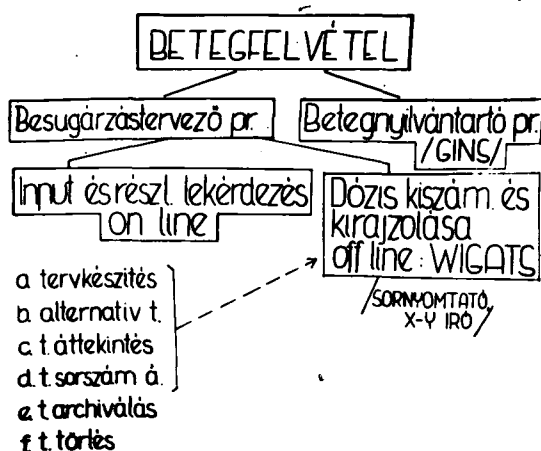
Az említettek miatt a SZOTE Radiológiai Klinika és a SZOTE Számítástechnikai Központ közös 5 éves tudományos tématervében egy olyan számítógépes programrendszer kidolgozását fogalmazzuk meg, mely:

- már fejlesztésének, működésének kezdeti fázisában nagyrészt biztosítsa a Van de Geijn program szolgáltatásait, kiegészítve az említett numerikus jellemzők meghatározásával /a közvetlen betegellátásban azonnal alkalmazható legyen/;
- távlatilag magját képezze egy onkoradiológiai jellegű betegnyilvántartó és követő rendszernek, mely az aktuális kivánalmaknak megfelelően folyamatosan továbbfejleszthető /nem lezárt, hanem flekszibilis rendszer legyen/;
- a rendszer a SZOTE jelenlegi műszaki eszközbázisán /R-10/ megvalósítható legyen /kicsi és olcsó eszközbázis-igény/.

A rendszer funkcionálisan alapvetően három részre tagozódik /1. ábra/, ugymint a betegfelvételi, besugárzástervező, és betegnyilvántartó részrendszerre, melyek egymással szoros kapcsolatban vannak. Egy új beteg ismertté válik a rendszer részére, ha egy betegfelvételi procedurát hajtunk végre.

Ezután választhatóak ki a betegnyilvántartó vagy a besugárzástervező részrendszer egyes funkciói az adott betegre vonatkozóan.

\* E munka az Eü. Min. 12/4-21/499 támogatási számú tárcaszintű kutatási támaja keretében készült.



1. ábra

A betegnyilvántartó részrendszer orvosi vonzatai /anamnézis, státusz, laboradatok, stb./ jelenleg vannak részletes kidolgozás alatt. A besugárzástervező részrendszer funkcionálisan két részre osztható, mégpedig

- a besugárzási tervekkel kapcsolatos adatközlési és egyszerűbb információ-visszakeresési eljárásra, valamint
- a besugárzási tervek konkrét meghatározását végző WIGATS nevű programra.

Lényegében ezen utóbbi részrendszer elkészültéről, és az egy éves működése során szerzett tapasztalatokról számolunk be a következőkben, mely előtt néhány mondatban a besugárzástervezés lényegét és az alkalmazott matematikai modellt ismertetjük.

#### A besugárzástervezés folyamata, lényege

Első lépésben a kezelő orvos lokalizálja a tumor, esetlegesen a sugárzásra érzékeny és/vagy sugárelnyelési szempontból inhomogenitást okozó szervek elhelyezkedését a testen belül, valamint meghatározza a gócra besugárzandó gócdózis értékét, és azt, hogy milyen irány/ok/-ből milyen méretű sugárzó mezővel /mezőkkel/ képzelel el a sugárkezelést. Ezután a besugárzástervező /fizikus, vagy számítógépes program/ feladata az előzőekben felsorolt adatok alapján meghatározni az adott testkeresztmetszetben a sugárkezelés hatására várhatóan kialakuló dózisviszonyokat, nevezetesen:

- az izodózis görbéket,
- az átlagos gócdózist,
- a bőr, a test és a kijelölt szervek várható sugárterhelését,
- az egyes gurázó mezők szükséges sugárzási idejét.

Végül a kapott eredmények alapján értékelik a tervet. Ha megfelelő, akkor végrehajtják a sugárkezelést, ha nem, akkor új sugárzási mező/ke/t jelölnek ki, és újra meghatározzák a várható dóziseloszlást.

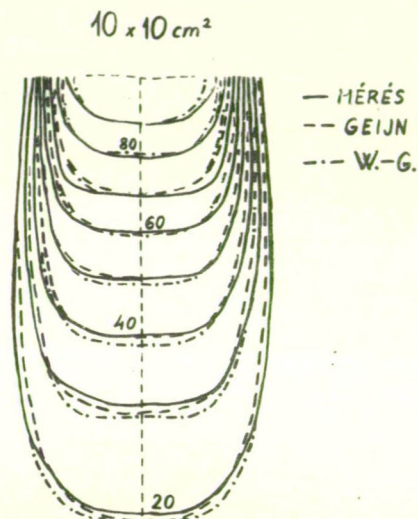
Mint látható, sok esetben több terv közül választják ki az optimálisat.

Az alkalmazott matematikai modell

Kidolgozása Wilks és munkatársa /1977/, továbbfejlesztése pedig Gantchew nevéhez fűződik /1979/.

*Alapfeltételezés:* az átlagos emberi testszövet sugárelnyelése megegyezik egy hasonló vastagságu vízréteg sugárelnyelésével /speciális ember-fantomokkal igazolták/.

*Módszer:* speciális doziméterrel megfelelő vastagságu téglatest alakú vízfantomban kimérjük pl. az 5,7,10,13,16 cm széles sugárzó mezőkhöz tartozó, a mező belépési pontjában mért dózisértékeket, majd a méréssorozat alapján meghatározzuk az egyes mezők %-os izodózis görbéit /2. ábra/. A mért görbéket egy 4 /esetenként 6/ paramétert tartalmazó, erősen torzított exponenciális függvénnyel közelítjük. Az adott CO-60 ágyura jellemző négy /ékszűrőzött mezőknél hat/ paramétert az említett 5 mezőméretre egy nemlineáris paraméterbecslési eljárással határozzuk meg mezőméretenként.



2. ábra

Az eljárás eredményeként egy

$$D(x,y) = F_{\text{exp}}(x,y,A_i,B_i,C_i,D_i[E_i,F_i]) \text{ függvényt}$$

kapunk / $i=1,2,\dots,5$ / ahol  $D(x,y)$  az adott mező által létrehozott %-os dózisintenzitás a mezőhöz rendelt koordinátarendszer  $(x,y)$  pontjában. Fontos megjegyezni, hogy a közelítő függvény tipusa független a mező méretétől, valamint azt, hogy közbülső mezőméretekre /melyekre nem végeztünk paraméterbecslést/ a mezőt leíró négy /hat/ paraméter értéke lineáris interpolációval nyerhető a becsült paraméterekből.

A megvalósított programrendszerünk - mint említettük - alapvetően két részre tagozódik.

Az interaktív /on-line/ működésű /a GINS rendszerre épülő/ program a Radiológiai Klinikára kihelyezett 1-3 display-en keresztül a következő szolgáltatásokat nyújtja:

- betegfelvétel a Sugárterápiás Osztályra, melynek során a beteg személyi adatainak közlése, kezelő orvos/ok/ kijelölése, betegazonosító megadása /ANH-kód, munkaszám/ történik meg;
- besugárzási terv/ek/ készítéséhez szükséges adatok közlése, mégpedig a terv

- törzs /vagyis fix/ adatainak felvétele, úgy mint a
  - test, a tumor; és egyéb szervek kontur-adatainak felvétele;
  - számolás pontosságának megadása /milyen méretű négyzetes rács ponjaiban számolja ki a dózis értékeket/;
  - kívánatos gócdózis, forrás-bőr távolság, a kijelölt szervek és a tumor dóziselnyelő képességének megadása;
  - alternatív /vagyis variálható/ adatok felvétele, melynek során a sugárzó mező/k/ paraméterei kerülnek megadásra. Egy terv törzs-adatahoz maximum 8 különböző alternatív adathalmaz tartozhat egyidejűleg.
- egyszerű információ visszakeresési lehetőség, mely a tárolt adatok gyors, globális és szelektív áttekintését teszi lehetővé:
  - egy beteghez készült-e besugárzási terv, és ha igen, mennyi, és milyen terv-sorszámmal;
  - ki/k/ a beteg kezelő orvosa/i/;
  - egy beteg tervadatainak áttekintése;
  - terv/ek/ részleges vagy teljes törlése, stb.

A WIGATS.01 besugárzástervező program - mely JOB-ként futtatható - feladata az egyes tervek inputadatai alapján meghatározni az adott testkeresztmetszetben kialakuló dóziseloszlást. Ennek során a következőket végzi:

- az előre megadott méretű rácsháló testen belüli pontjaiban kiszámolja az 1-8 állómező sugárhatásaként fellépő dózisintenzitást a testen belüli inhomogenitások és a testgörbületből adódó szövethiány vagy többlet figyelembevételével;
- meghatározza az izodózisgörbékét, melyeket a különböző konturokkal együtt az R-10 számítógéphez illesztett X-Y íróra rajzol ki;
- kiszámolja a test, a bőr, a kijelölt szervek és a góc százalékos volumen és effektív integrál dózisait, valamint a góc/test, góc/bőr, góc/kijelölt szervek relatív integrál dózisait;
- kiválasztja a testen és a gócon belüli maximális dózis értékét és annak koordinátáit;
- kiszámolja az átlagos százalékos gócdózist, valamint az egyes sugárzó mezők szükséges sugárzási idejét;
- az eredményeket sornyomtatón jeleníti meg.

#### Tapasztalatok

A tervező program eredményeinek ellenőrzését az egyéves működés során többféleképpen is elvégeztük. Egyrészt vízfantomra különböző mezőméretekre összehasonlítottuk a mért, a Van de Geijn program által számolt, illetve a WIGATS program által meghatározott dóziseloszlásokat.

A 2. ábra például egy 10 cm-es mező által keltett mért és a kétféle módszerrel számolt dóziseloszlást ábrázolja, s mint látható azok igen jó egyezést mutatnak. A WIGATS program eredményeinek kb. 1,5 - 2 %-os eltérése a mért eloszlástól elsősorban arra vezethető

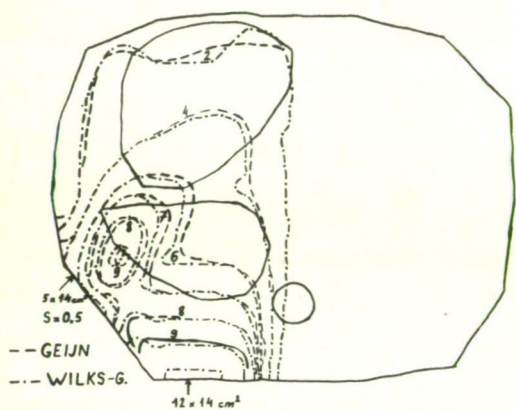


vissza, hogy a mérés 5 mm-es, a számolás 2 mm-es rácsháló pontjaiban történt, míg a Van de Geijn program 10 mm-es rácsháló pontjaiban számol.

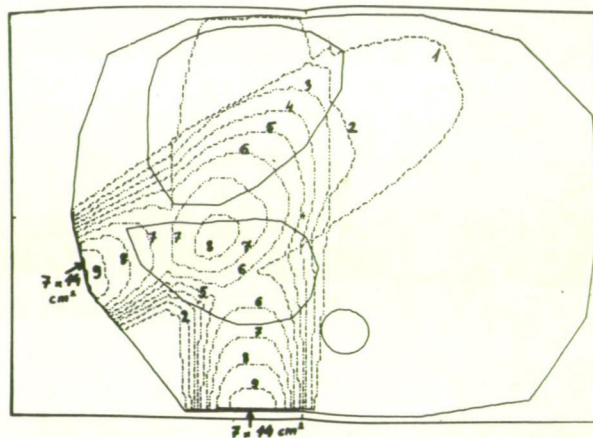
Másrészt ugyanazon "éles" tervek adatait lefuttattuk a Van de Geijn és a WIGATS programmal is, és az eredményeket összehasonlítottuk. Erre látható egy példa a 3. ábrán. Ezen egy beteg törzsének keresztmetszete látható a lép magasságában, benne a lép /mint góc-terület/, a béltraktus, a gerincvelő /mint sugárzásra érzékeny szervek/ kontúrjaival.

A kétféle módszerrel számolt dóziseloszlás eltéréseinek egyik valószínű okát az előzőekben már említettük /rácsháló méretének különbsége/. A kis eltérések másik oka az lehet, hogy eddigi tapasztalataink szerint a Wilks-Gantchew módszer érzékenyebb a testszövet-hiány vagy többlet, illetve az inhomogenitások jelenlétére mint a Van de Geijn program.

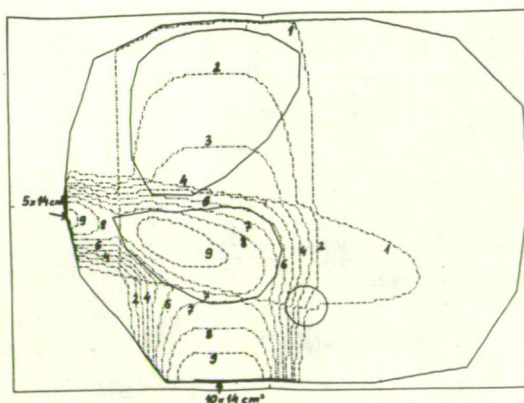
Felhivnánk a figyelmet arra, hogy az integrál és relatív integrál dózisek számolása nem öncélú, mint az a 3-6. ábrákból egyértelműen kitűnik.



3. ábra



4. ábra



5. ábra

A 3., 4. és 5. ábra egy sugárkezelés három lehetséges változatához /alternatívához/ tartozó izodózis térképet, míg a 6. ábra egy-egy sora a három alternatív terv integrál dózis értékeit tartalmazza.

RELATIV INTEGRÁLDÓZISOK

alterv sorsz.	<u>góc</u> test	<u>góc</u> bőr	<u>góc</u> beleik	<u>góc</u> gerincvelő
1.	0.21	3.5	1.1	44
2.	0.23	4.8	1.2	551
3.	0.28	5.7	2.0	36

6. ábra

Nyilvánvalóan a három alternatíva közül az a legjobb, amelynek a sorában a legtöbb maximális érték van oszloponként nézve, hiszen minél nagyobb a  $\text{góc}/\text{test}$ ,  $\text{góc}/\text{bőr}$ ,  $\text{góc}/\text{érzékeny szervek dózis viszony}$ , annál inkább a góccra koncentrálódik a sugárzás, amit a 3-5. ábrán látható dózistérkép is igazol. Bár a  $\text{góc}/\text{gerincvelő}$  viszony a 4. ábrán levő második alternatív tervnél a legkedvezőbb /hiszen a sugárzó mezők teljesen elkerülik a gerincvelőt/, azonban a többi relatív integráldózisok és a dózistérképek alapján az 5. ábrán látható harmadik alternatív terv nevezhető a három alternatíva közül a legjobbnak.

/A gerincvelő által kapott abszolút dózis jóval a kritikus érték alatt marad./ Ezek alapján elmondható, hogy ezen értékek számolása terápiás szempontból feltétlenül indokolt.

A rendszer továbbfejlesztése alapvetően két irányú. Egyrészt, jelenleg folyik a WIGATS 2. verziójának fejlesztése és tesztelése, mely már 1-8 mozgó vagy álló, esetleg ékszűrőzött mezők együttes hatására kialakuló dóziseloszlást, valamint az effektív volumendózist Wendhausen /1979/ szerint képes meghatározni. Másrészt az orvosi követelményrendszer pontos definiálása után /mely folyamatban van/ egy onkoradiológiai jellegű számítógépes betegnyilvántartó és követő rendszer kerül kidolgozásra.

Irodalom

Gantchew, M.G.: Phys. Med. Biol. 24, 449 /1979/

Wendhausen, H.: Strahlentherapie 155, 254 /1979/

Wilks, R.J., J.F. Sutcliffe: Phys. Med. Biol. 22, 737 /1977/